

1021.43050X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): H. MINEMURA  
Serial No.: Not assigned  
Filed: August 20, 2003  
Title: INFORMATION REPRODUCING METHOD AND AN  
INFORMATION REPRODUCING DRIVE(S)  
Group: Not assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

August 20, 2003

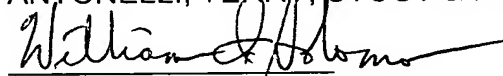
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Application No.(s) 2003-115871 filed April 21, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



William I. Solomon  
Registration No. 28,565

WIS/amr  
Attachment  
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   4 月 2 1 日  
Date of Application:

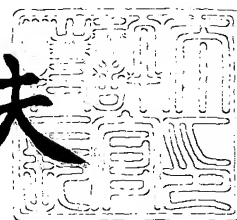
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 1 5 8 7 1  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 1 1 5 8 7 1 ]

出      願      人            株式会社日立製作所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年   7 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 7 8 2 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 H300308

【提出日】 平成15年 4月21日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 20/18

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社  
                                 日立製作所 中央研究所内

    【氏名】 峯邑 浩行

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

    【識別番号】 100091096

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 平木 祐輔

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 015244

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 情報再生方法及びそれを用いた情報再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 連続する  $N$  時刻の再生信号を目標信号と比較しながら最も確からしい状態遷移を選択していくことにより、前記再生信号を 2 値化する PRML 法を用いた情報再生方法において、

前記 PRML 法を  $PR(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)ML$  と表わしたとき、

係数列の左端の  $M_1$  個と右端の  $M_2$  個の係数値がゼロであって、整数値  $M_1$  と  $M_2$  の値は以下の関係を満たし、

$$M_1 \geq 0, M_2 \geq 0, M_1 + M_2 \geq 1, M_1 + M_2 < N$$

整数  $MM = M_1 + M_2$ 、整数  $NN = N - MM$  としたとき、

前記目標信号として、ゼロでない値をもつ  $NN$  個の係数値と  $NN$  ビットのデジタルビット列との畳み込み演算で求めた初期の目標レベル  $V_1$  に、 $N$  ビットのデジタルビット列の値に対応した  $2^N$  個以下の補償値  $V_2$  を加算したものをを用いる工程と、

前記再生信号を前記目標値 ( $V_1 + V_2$ ) と比較しながら、最も確からしいビット列に 2 値化する工程と

を含むことを特徴とする情報再生方法。

【請求項 2】 連続する  $N$  時刻の再生信号を目標信号と比較しながら最も確からしい状態遷移を選択していくことにより、前記再生信号を 2 値化する PRML 法を用いた情報再生方法において、

前記 PRML 法を  $PR(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)ML$  と表わしたとき、

状態遷移論理は最小ランレングス  $R_1$  ( $R_1 \geq 1$ ) に対応して、最小ランレングスが  $R_1$  未満の状態遷移論理を取り除いたものであって、

前記目標信号として、 $N$  個の係数値 ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$ ) と  $N$  ビットのデジタルビット列との畳み込み演算で求めた初期の目標レベル  $V_1$  に、 $N$  ビットのデジタルビット列の値に対応した  $2^N$  個以下の補償値  $V_2$  を加算したものをを用いる工程と、

前記再生信号を前記目標値 ( $V_1 + V_2$ ) と比較しながら、最も確からしいビ

ット列に 2 値化する工程と、

前記再生信号として最小ランレングス  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ) の信号を再生する場合に、 $N$  ビットのデジタルビット列の最小ランレングスが  $R_2$  未満となるときに、該デジタルビット列に対応した前記補償値  $V_2$  の値として、前記再生信号の振幅に比較して十分大きい値を設定することによって、実効的にランレングスエラーを取り除いた 2 値化を実施する工程とを含むことを特徴とする情報再生方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載の情報再生方法において、更に、2 値化されたビット列から  $N$  ビットごとに補償値  $V_2$  を算出し、前記再生信号から減ずることによって、補償された再生信号を得る工程を有することを特徴とする情報再生方法。

【請求項 4】 請求項 3 記載の情報再生方法において、情報を再生するためのクロックを前記補償された再生信号から抽出することを特徴とする情報再生方法。

【請求項 5】 請求項 1 記載の情報再生方法において、情報を再生するためのクロックを生成するときに、最小ランレングス長のマークからの位相情報を使用せずにクロックを生成することを特徴とする情報再生方法。

【請求項 6】 請求項 2 記載の情報再生方法において、情報を再生するためのクロックを生成するときに、最小ランレングス長のマークからの位相情報を使用せずにクロックを生成することを特徴とする情報再生方法。

【請求項 7】 P R M L 法を用いて再生信号から二値化結果を出力する情報再生装置において、

$N$  ビットのビット列に対応した P R クラスの目標値を出力する P R 目標値出力部と、

$M$  ( $M > N$ ) ビットのビット列に対応した補償値を格納したパターン補償テーブルと、

再生信号を等化处理する波形等化器と、

前記波形等化器の出力に対し、前記 P R 目標値出力部から出力された P R 目標値と前記パターン補償テーブルに格納された補償値を加算したものを目標値とし

て、ビット列ごとにブランチ・メトリック値を算出するブランチ・メトリック計算ユニットとを含むことを特徴とする情報再生装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の情報再生装置において、前記波形等化器の出力と得られた二値化結果のビット列に応じて演算した前記目標値との誤差が小さくなるよう前記パターン補償テーブルを修正する補償テーブル学習ユニットを備えることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 9】 請求項 7 記載の情報再生装置において、二値化結果をクラスビット分だけ蓄えそのビット列に応じた補償値を前記パターン補償テーブルから取得して波形等化器から減算する補償演算器と、前記補償演算器の出力をアナログ信号に変換する D/A 変換器を備えることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 10】 請求項 9 記載の情報再生装置において、前記 D/A 変換器の出力が入力される PLL 回路を備え、前記 PLL 回路によってクロックを生成することを特徴とする情報再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、交換可能な光ディスクを用いた情報再生方法及び情報再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ディスクは CD、DVD が普及し、青色レーザを用いた次世代光ディスクの開発も進んでおり、さらなる大容量化が求められ続けている。また、1 台の光ディスク装置で CD を再生するだけでなく、CD と DVD の再生、CD-R/RW、DVD-RAM、DVD-R/RW の記録機能をもったものが製品化されており、複数の規格の光ディスクに対して記録/再生を行う互換性能の向上も必要である。

【0003】

PRML(Partial Response Maximum Likelihood)法は、S/N 比の改善効果が秀逸であるため磁気ディスクの大容量化手段として広く普及している。PRML 法は連続する N 時刻の再生信号と目標信号を比較しながら、最も確からしいビット列に 2 値

化するものである。光ディスクの再生方法としては、古くからダイレクトスライス法が用いられて来たが、高速化、大容量化には限界が見えている。このため光ディスクの再生手段としてもPRML法が応用されつつある。

#### 【0004】

PRML法を光ディスクの再生手段に応用する上での問題点は3つある。

問題点の1つ目はアシンメトリである。PRMLの目標信号は指定したインパルスレスポンス（PRクラス）とビット列の畳み込みによって算出されるため、中心値に対して上下対称になる。一方、光ディスクでは一般にS/N比を向上するためにアシンメトリを発生させる。このため、再生信号レベルが非対称になり、PRMLの目標信号と一致させることが困難である。

問題点の2つ目は、大容量化への対応である。PRML法を用いて大幅な大容量化を実現する方法は未だ提案されていない。この点に関しては、詳細を後述する。

問題点の3つ目は最小ランレングスである。PRMLの基本構成はPRクラスと再生信号コードのランレングスによって一意的に定まる。ところが、CD/DVDの最小ランレングスは3Tなのに対して、MO（次世代光ディスク）の最小ランレングスは2Tである。従って、1台の光ディスク装置で、複数の光ディスクに対応するには、PRML回路を複数搭載する必要がある。

#### 【0005】

PRML法の光ディスクへの応用例として、Technical Digest of ISOM 2002, 269-271(2002)では、半径方向及び周方向のディスク傾きの発生に対して、目標信号レベルを適応的に変化させながら再生する方法が示されている。この方法は、上の問題点1のアシンメトリの発生にも対応できる優れた方法である。しかしながら、この方法に基づいても、問題点2に示した大幅な大容量化には対応が困難であり、問題点3に示した最小ランレングスの異なる信号には対応できない。

#### 【非特許文献1】

Technical Digest of ISOM 2002, 269-271(2002)

#### 【0006】

#### 【発明が解決しようとする課題】

上に述べたように大幅な大容量化への対応と最小ランレングスの異なる信号へ

の対応とが、従来のPRML法の問題点である。

本発明の目的は、上記従来技術における問題点を解決し、大幅な大容量化への対応と最小ランレングスの異なる信号への対応を可能にする情報再生方法及びそれを用いた情報再生装置を提供することにある。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

大幅な大容量化を実現するために、PRML法による大容量化について説明を加える。先に述べたように、PRML法はPRクラスの選択によって目標信号が決定される。そこで、1枚の光ディスクに記録密度の異なる信号を記録して、種々のPRクラスによって、高密度化性能の違いを検討した。準備した光ディスクはトラックピッチ $0.34\mu\text{m}$ のランド・グループ構造の基板上に相変化膜を積層したものである。実験には、パルステック社製のDDU-1000型光ディスク評価装置を用いた。光源の波長は405nm、対物レンズのNAは0.85である。変調符号としてはRLL(1,7)を用い、検出窓幅 $T_w$ は53nmから80nmまでの範囲で変化させた。CDサイズのディスク片面の記録容量は $T_w=53\text{nm}$ の場合に35GBとして計算した。PRクラスの違いを検討する上で以下の3つの系列を選択した。

##### (1) $(1+D)^n$ 系列

最も基本的なクラス列であり、PR(1,1), PR(1,2,1), PR(1,3,3,1), ...である。

##### (2) (1,2,...,2,1)系列

光ディスクで用いられることの多いPR(1,2,2,1)を含んだ系列であり、上の系列に比較して、高域強調が少なくなっており、S/N比の改善が期待できる。

##### (3) インパルスレスポンス近似系列

PRクラスは基本的に再生ヘッドのインパルスレスポンスを近似したものである。ここでは、光学シミュレータを用いて光ヘッドのインパルスを算出したものをPRクラスに使用した。

#### 【0008】

選択した各PRクラスを用いて、光学シミュレータで算出した理想的な再生信号を用いて、PRクラスごとに、目標と再生信号とのRMS誤差が最小になるように、等化条件を決定して光ディスクの信号を再生した。等化器のタップ数は11であ



る。

### 【0009】

各PRクラス系列に対する、光ディスクの再生性能の測定結果をそれぞれ図2から図4に示す。

図2(a)は、 $(1+D)^n$ 系列に対して、記録容量とビットエラー率の関係を示す図である。図2(b)は各PRクラスのビット表現、有効なビット列の数、有効なステート数、独立な目標レベルの数、記録容量の上限をまとめたものである。記録容量の上限はビットエラー率が $10^{-4}$ 以下範囲を示す。クラスビット数（PRクラス表現に含まれる要素の数）をNとすると全ビット列の数は $2^N$ になるが、ランレングスの制限からビット列の集合から最小ランレングスが1Tになるものを除いたものが有効なビット列の数である。有効なステート数等も同様にして求めたものである。これらを実現する上で、回路規模が有効なビット列の数に比例するため、できるだけクラスビット数が小さい方式が望まれる。この系列ではクラスビット数が大きい程高密度化できるが、クラスビット数6以上で性能向上が飽和する。最大記録容量はクラスビット数7の場合に31GBになった。

### 【0010】

図3(a)は、 $(1, 2, \dots, 2, 1)$ 系列に対して、記録容量とビットエラー率の関係を示す図である。図3(b)は詳細をまとめたものである。この系列では、クラスビット数が大きすぎると、記録容量が低下してしまう。クラスビット数が大きいと、より緻密に再生信号の時間的な移り変わりを表現できるようになるが、同時に独立な目標レベルの数も多くなるため、異なる2つのパスに対する目標レベルの差が小さくなって、パス選択時に誤りが増加するためと考えられる。この系列の最大記録容量はクラスビット数5の場合に31GBになった。

### 【0011】

図4(a)は、インパルスレスポンス近似系列に対して、記録容量とビットエラー率の関係を示す図である。図4(b)は詳細をまとめたものである。この系列もクラスビット数が大きすぎると、記録容量が低下する。最大記録容量はクラスビット数5の場合に32GBになった。

### 【0012】

考えうる3種類のPRクラス系列に対して検討を行った結果から、単にPRクラスビット数を増やして、構成を複雑化しても性能向上に限界があることが判った。この要因は光ディスクの再生信号に、光スポットの形状に起因する符号間干渉と記録時の熱干渉に起因する非線形なエッジシフトがあるためである。こうした非線形な符号間干渉やエッジシフトに対応するためには、線形な畳み込み演算で目標値を定める基本的なPRML法では能力不足であり、何らかの方法で、非線形な成分を補償する必要がある。以上の結果から、さらなる高密度化を実現する上では次の2点が重要である。

- (1) クラスビット数を大きくしないことによって、目標レベル数を増やさない。
- (2) 畳み込み演算で定まる目標値に、ビット列に応じた補償量を加えて、目標値を補償することにより、再生信号に含まれる非線形な成分に対応する。

#### 【0013】

これらを満足し大容量化を実現するためには、NNビットの畳み込み演算で定まる目標値に対して、N ( $N > NN$ ) ビットのビット列に応じた補償量を加えて目標値を定め、これと再生信号を比較しながら、Nビットのビット列の中から最も確からしい、すなわち再生信号と目標値の誤差が最小になるビット列に2値化するPRML方式を用いればよい。

#### 【0014】

最小ランレングスの異なる信号への対応を可能にする方式について述べる。先ず、MO(次世代光ディスク)に用いられるRLL(1,7)変調(最小ランレングス2T)の信号をPRクラスPR(1,2,2,1)により再生することを考える。この場合クラスビット数は4になるのでビット列の数は16 ( $=2^4$ ) である。図6(a)は16のビット列に対して目標値をまとめたものである。一般に光ディスクではデジタル値の“1”に相当する記録マークの反射率が低く、デジタル値の“0”に相当するスペースの反射率が高い。ここでは、ビット列“0000”の目標レベルが“+1”になり、ビット列“1111”の目標レベルが“-1”になるように規格化を行っている。以下、クラスの目標値を用いて説明する場合には同様な規格化を行うので注意されたい。図中、ビット列の中で最小ランレングスが2T未満の場合はランレングス制

限(Run Length Limited)エラーなる。図に示すように6個のビット列がこれに当たると。図6(b)はランレングス制限エラーになるビット列を除いたものをまとめてあり、全部で10個のビット列で最小ランレングス2T 用のPR(1, 2, 2, 1)が表現できる。PRML法の慣例的な表現ではステート数6, 目標レベル数7となる。

#### 【0015】

一方、CD/DVDでは最小ランレングスが3Tである。これをPRクラスPR(3, 4, 4, 3)により再生することを考える。図7(a)は全ビット列に対して目標レベルをまとめたものである。ランレングス制限エラーになるビット列の数は8である。図7(b)は有効なビット列のみを抽出した結果をまとめたものであり、全部で8個のビット列で最小ランレングス3T用のPR(3, 4, 4, 3)が表現できる。PRML法の表現ではステート数6, 目標レベル数5となる。

#### 【0016】

さて、図6(b)と図7(b)を比較すると明らかなように、ビット列の数も目標レベルの値も一致しないので、どちらか一方の方式に対応した回路構成では、他方を再生することができない。ところが、本発明では非線形シフトを補償することができるので、図6(b)と図7(b)との差を非線形シフトとして扱えば、最小ランレングス2Tと3Tの信号を1つの方式で再生可能にすることができる。以下に方法をまとめる。

- (1) 最小ランレングスの小さい方(RLL(1, 7), PR(1, 2, 2, 1))を基本方式に選択する。
- (2) 目標値として、ビット列とPRクラスの各係数との畳み込み演算で定まる値に、ビット列に応じた補償値を加えたものを用いる。
- (3) 最小ランレングスが小さい方(RLL(1, 7))を再生する場合は以上の条件を使う。
- (4) 最小ランレングスが大きい方(RLL(2, 10), PR(3, 4, 4, 3))を再生する場合には、最小ランレングスが小さい方(RLL(1, 7), PR(1, 2, 2, 1))の目標値と当該目標値との差をビット列に応じた補償値として使う。同時に、ランレングス制限エラーになるビット列が必ずあるので、この補償値として、再生信号の振幅に対して十分大きな値(符号は正でも負でもよい)を用いることにより、目標値と信号と

の差を十分大きくして、実効的にランレングス制限を満足させる。

#### 【0017】

本発明によると、再生信号に含まれる非線形な成分を抑圧し、実効的にS/N比を向上することができるため、大容量化と最小ランレングスの異なる信号への対応が可能になる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を実施例によって詳細に説明する。

図1に、本発明の情報再生方法の基本概念を示す。説明を簡単にするために最も基本的なクラスPR(1,1)を例にして説明する。方式1は基本的なPRML方式である。構成例に示すように連続する2時刻のビット列に対応する目標値と再生信号の値とを比較して、最も誤差の小さいビット列を選択してゆく。この例では目標レベルの数は3であり、再生信号のアシンメトリ及び非線形な符号間干渉に対応することができない。

#### 【0019】

方式2はTechnical Digest of ISOM 2002, 269-271(2002)に開示されたPRML方式である。畳み込み演算で定まる目標値に2ビットのビット列に対応した補償値Vを加えて新たな目標値として用い、再生信号の値との誤差が最小になるビット列を選択しながら2値化を進める。補償値Vの数は4( $=2^2$ )である。再生信号のアシンメトリに対応して目標値を適応的に変化させることができるが、非線形な符号間干渉を十分に取り除くことはできない。

#### 【0020】

本発明の方式は、PR(1,1)のビット列の前後にパターン補償ビットを1ビットずつ加えている。方式2とは異なりパターン補償ビットを加えた4ビットのビット列に応じた補償値Vを目標値に加えていることが特徴である。この上で、4ビットのビット列に対応した目標値と再生信号を比較しながら、誤差が最小になるビット列を選択しながら2値化を進める。この方式では、畳み込み演算で定まる目標レベルの数は3のままで増やさずに、補償値Vの数は16( $=2^4$ )にしているため、4ビットのビット列の範囲で非線形な符号間干渉を補償することができる。

**【0021】**

先に述べた、大容量化を実現する上での方針を以下に再掲する。

- (1) クラスビット数を大きくしないことによって、目標レベル数を増やさない。
- (2) 畳み込み演算で定まる目標値に、ビット列に応じた補償量を加えて、目標値を補償することにより、再生信号に含まれる非線形な成分に対応する。

**【0022】**

本方式は上の条件を満たし、基本的に4ビットのPRML方式であるが、目標値は2ビットで定めるところに特徴があり、目標レベルを増やさずに、非線形成分に対応することが可能である。

**【0023】**

本方式を従来のPRML法と区別するために、PRクラス表現を補償PR(0,1,1,0)と記載することにする。これはクラスビット数が4のPRML法であり、目標値は従来の記述と同様に係数列(0,1,1,0)と4ビットのビット列との畳み込み演算で算出するが、両端の各1ビットは係数がゼロなので、2ビットの係数列(1,1)で定めた目標値と同じになる。また、前後の係数“0”はパターン補償ビットを表しており、補償PRの意味は4ビットのビット列で定まる補償値Vを目標値に加えるという意味になる。同様な手法で従来の方式1を表現するとPR(1,1)となり、方式2は補償PR(1,1)と記述することができる。

**【0024】**

図中の実験結果は1枚の光ディスクに記録密度の異なる信号を記録して、それぞれの方式で再生した場合に得られた結果である。条件を以下に再掲する。準備した光ディスクはトラックピッチ $0.34\mu\text{m}$ のランド・グループ構造の基板上に相変化膜を積層したものである。実験には、パルステック社製のDDU-1000型光ディスク評価装置を用いた。光源の波長は405nm、対物レンズのNAは0.85である。変調符号としてはRLL(1,7)を用い、検出窓幅Twは53nmから80nmまでの範囲で変化した。CDサイズのディスク片面の記録容量はTw=53nmの場合に35GBとした。図中の実験結果は記録容量32.5GBのものでTw=57nm、基本PRクラスをPR(1,2,2,1)とし、データ転送速度100Mbpsで再生した場合の結果である。ビットエラー率は方式

1 (PR(1, 2, 2, 1)) の場合が  $50 \times 10^{-4}$  , 方式 2 (補償 PR(1, 2, 2, 1)) の場合が  $15 \times 10^{-4}$  , 本方式 (補償 PR(0, 1, 2, 2, 1, 0)) の場合が  $0.05 \times 10^{-4}$  であった。本方式によって、ビットエラー率を  $1/100$  以下にできることが確かめられた。また、再生信号のアイパターンは、それぞれの方式を用いた場合の実効的な信号 (補償再生信号) を示したものであり、本方式ではアイがくっきり開いていることがわかる。補償再生信号に含まれる 2Tw 信号の S/N 比は方式 1 が 3.6dB, 方式 2 が 6.1dB, 本方式が 9.5dB である。補償再生信号の詳細については後述する。

#### 【0025】

図5は本発明と従来方式とで、大容量化性能の違いを示す実験結果である。基本 PR クラスとして PR(1, 2, 2, 1) を選択した。ビットエラー率の許容値を  $10^{-4}$  とすると記録容量の上限が求められる。従来方式の記録容量の上限は PR(1, 2, 2, 1) で 30GB, 補償 PR(1, 2, 2, 1) で 32GB ある。本発明の方式の記録容量の上限は補償 PR(0, 1, 2, 2, 1, 0) ML4 で 32.5GB, 補償 PR(0, 1, 2, 2, 1, 0) で 34.5GB, 補償 PR(0, 0, 1, 2, 2, 1, 0, 0) 及び補償 PR(0, 0, 0, 1, 2, 2, 1, 0, 0, 0) で 35GB 以上となった。補償 PR(0, 1, 2, 2, 1, 0) ML4 とは補償値のみ 6 ビットで定め、最も確からしいビット列を選択する最尤複合処理を行うビット数 (以下 ML ビット数) を 4 ビットのままで行う方式を示している。従来技術に比較すると優れているが、パターン補償ビットを含まずに最尤複合処理をするので、非線形シフトの抑圧能力が低くなる。本発明の PRML 方式の能力を最大に引き出すにはパターン補償ビットを含んだ最尤複合処理が重要である。ここで得られた結果は、基本 PR クラスが PR(1, 2, 2, 1) に限らず、図2から図4に示した従来の PRML 方式での様々な PR クラスよりも記録容量を増加させることができる。

#### 【0026】

図5(b)は、図5(a)に示した各方式に対して、ビット列の数、ステートの数、レベルの数、パターン補償ビットの数、ML ビットの数をもとめたものである。PRML 方式を実現するための回路の規模は概ねビット列の数に比例するので、パターン補償ビットを前後に 3 ビットずつ付加した補償 PR(0, 0, 0, 1, 2, 2, 1, 0, 0, 0) を実現するには、PR(1, 2, 2, 1) に比べて 10 倍以上の回路規模が必要になってしまう。本発明の効果として、最小ランレングスの異なる信号の再生能力もあるので、従来で

は、再生互換のためにPR(1,2,2,1)とPR(3,4,4,3)を実装する必要があったことを考えれば、回路規模が3倍程度以下ならば性能向上分を含んで適正な規模と判断できる。これらを考慮すると、パターン補償ビットを2ビット付加した補償PR(0,1,2,2,1,0)方式が実用上のベストな選択になる可能性がある。

#### 【0027】

ここでは、基本的なPRクラスとしてPR(1,2,2,1)を選択し、パターン補償ビットを前後に同数付加した方式について述べた。しかしながら、本発明はこれだけに限ったものではない。基本PRクラスとしては、PR(1,1), PR(1,2,1), PR(3,4,4,3), PR(1,1,1,1), PR(1,2,2,2,1)等、如何なる基本PRクラスを選択することも可能である。またパターン補償ビットの数は前後対称なものに限ることもなく、補償PR(0,1,2,2,1), 補償(0,0,1,2,2,1), 補償(1,2,2,1,0), 補償(1,2,2,1,0,0)等のように、非対称なビット数を付加することもできる。例えば、記録時の熱干渉の影響が前側のエッジに集中していることが、物理的に明らかな信号を再生するのであれば、パターン補償ビットを前側にのみ付加することがベストな選択になる場合がある。

#### 【0028】

図9及び図10は、図1の実験を実施したとき用いた補償値Vの値をまとめたものである。図9は従来の補償PR(1,2,2,1)に対する初期目標値(ビット列とPRクラスの係数列の畳み込みによって得られた値)、ビット列に対応する補償値、初期目標値に補償値を加えた補償目標値をまとめたものである。長スペースに対応するビット列“0000”で0.180、長マークに対応するビット列“1111”で0.090を加えている。図1の実験結果の方式1のアイパターンを見れば明らかなように、これは2T信号が信号振幅の中心よりも下側にあるというアシンメトリに対応した結果である。

#### 【0029】

図10は、本発明の補償PR(0,1,2,2,1,0)に対する初期目標値、補償値、補償目標値をまとめたものである。ビット列No.3“000110”の補償値が0.129であるのに対して、ビット列No.4“000111”の補償値が-0.056になっている。前者が2Twマークに対応し、後者は3Tw以上のマークに対応している。補償値の違いは2Twマ

ークと $3T_w$ 以上のマークの間の非線形なシフトに適応した結果である。従来のPRML方式ではパターン補償ビットを持たないために、こうした非線形なシフトに対応することができない。

#### 【0030】

図11から図15は、本発明の情報再生方法を用いた光ディスク装置のPRML方式部のブロック図を示す。

図11は、本発明の基本方式を示すブロック図である。デコードユニット10は波形等化器11、ブランチ・メトリック計算ユニット12、ACS(Add Select Compare)ユニット13、パス・メモリ14、PR目標テーブル15、パターン補償テーブル16から構成される。再生信号50は予めADコンバータによりデジタル値に変換されており、波形等化器11によりFIRフィルタによって等化处理されたのち、ブランチ・メトリック計算ユニット12内でビット列ごとに目標値との誤差の2乗値(ブランチ・メトリック値)が算出される。このとき目標値として、ビット列に対応した初期目標値はPR目標テーブル15を参照し、ビット列に対応した補償値はパターン補償テーブル16を参照し、両者の値を加えたものを用いる。

#### 【0031】

ACSユニット13では、1時刻前のステート及び各ステートにおけるメトリック値(ステートの遷移にともないブランチ・メトリック値を逐次加算して、かつ発散しないように処理したもの)に各ビット列に対応したブランチ・メトリック値を加える。このとき、現在の時刻のステートに至る遷移過程(通常は2つ、ランレングス制限により1つの場合もある)の中から、メトリック値の小さい方を選択する処理を行う。ステートとは1時刻の遷移に対して保存するビット列のことで、例えばPRクラスビットが4の場合には、ビット列が4ビット、ステートが3ビットで表される。

#### 【0032】

パス・メモリ14にはビット列ごとに複合された2値化結果が十分長い時刻分だけ保存されており、時刻の更新とともにメモリ内容のシフト処理を行い常に最新の結果が保存されるようになっている。ACSユニット13は遷移過程の選択処理の時に、パス・メモリに蓄えられた情報を選択結果に応じて再配列する。こうした



処理を繰り返すことによって、パス・メモリ内の情報は次第に統合されて、十分長い時間後には、ビット列に依らず同じ値になる、所謂パス・マージが完結する。2値化結果51は時刻の更新時にパス・メモリから取り出された2値化情報のことである。

#### 【0033】

ここでは、PRクラスの目標値としてPR目標テーブル15を参照する方式を示したが、従来、目標値をハードウェアの積和演算器を使って直接算出する方式が多い。本発明の骨子は、目標値に補償値を加算して新たな目標値とし、これにより最も確からしい結果に2値化することなので、目標値の算出にどちらの方式を用いても問題ない。

#### 【0034】

図12は、本発明の補償値を再生信号の中から抽出する学習方法を示すブロック図である。デコードユニット10の構成と動作は既に説明した。ここでは学習方法を説明する。

補償テーブル学習ユニット20は目標計算ユニット21と誤差算出及び平均化ユニット22から構成される。目標計算ユニット21は2値化結果51をクラスビット数分だけ蓄え、そのビット列に応じて、初期目標値はPR目標テーブル15を参照し、補償値はパターン補償テーブル16を参照して両者の値を加えたものを用いて目標値を算出する。処理内容は基本的にブランチ・メトリック計算ユニット12と同じであるが、ブランチ・メトリック計算ユニット12ではビット列の数だけ同時に値を演算するのに対して、目標計算ユニット21では、2値化済みの結果を用いて、ただ1つの目標値を演算するものである。

#### 【0035】

誤差算出及び平均化ユニット22は波形等化器11の出力と目標計算ユニット21の出力を比較して誤差量を算出する。誤差量はビット列に対応して仕分けされ、適当な時刻分だけそれぞれ平均化処理することによって、ビット列に対応した誤差量のテーブル値を得る。誤差量の算出時には、波形等化器11の出力をシフトレジスタにより遅らせて、目標計算ユニット21の出力とのディレイ量を合せる処理も行う。こうして得られた誤差量のテーブル値52をパターン補償テーブル16の各値

に加えていくことによって、補償値が再生信号に適応して追従させていくことができる。

#### 【0036】

パターン補償テーブル16の初期値としては全てゼロから始めることが自然な方法であるが、シミュレーションによって求めたもの、実測に基づいて定めた値、当該ドライブ装置が同じ種類のディスクに対して最後に用いた値等、媒体ごとに初期値を準備し、これらを初期値として用いて方が学習の収束が早く効率的であることは言うまでもない。

#### 【0037】

図13は、本発明の補償再生信号を得る方法を示すブロック図である。図1に示した補償再生信号は、直感的に再生信号の品質を判断できるものである。実際の波形等化信号は図1の方式1に示したアイパターンと同じものである。大容量化をすると2T信号が全くといってよいほど分解できなくなってしまう、このアイパターンを見ただけでは、信号品質を直感的に評価できず、エラーが発生しているのかどうか不明である。光ディスクの場合は、1つの媒体を複数のメーカーのドライブ装置にセットして動作する必要があるため、記録再生互換を重視した開発が必要である。このため、如何に大容量の光ディスクであってもドライブ間の性能の差の評価や、媒体ごとの性能の違いの評価をする必要がある。こうした場合、従来ビットエラー率の他にアイパターンを目視して信号品質の評価をしてきている。したがって、最小ランレングスの信号が殆ど分解できないような大容量の光ディスクでも、直感的に信号品質を目視できるアイパターンは必要不可欠なものになるはずである。

#### 【0038】

図中のデコードユニット10の構成と動作は既に説明した。ここでは補償再生信号を得る方法について説明する。本発明の補償再生信号53は、再生信号補償ユニット30によって出力される。再生信号補償ユニット30は、補償演算器31とD/Aコンバータ32によって構成される。補償演算器31は2値化結果51をクラスビット数分だけ蓄え、そのビット列に応じた補償値をパターン補償テーブル16から取得して、波形等化器11の出力から減じる。この時、上に説明した補償テーブル学習ユ

ニット20内の誤差算出及び平均化ユニット22の動作と同様に、波形等化器11の出力との遅延量の調整を行う。補償演算器31から出力されたデジタルデータはD/Aコンバータ32によってアナログ信号に変換されて、補償再生信号53を得ることができる。

#### 【0039】

補償再生信号53は予め非線形シフト成分を取り除いたものになっているため、従来のPRML法を使って2値化することができる。このとき得られる2値化結果は本発明の補償PRML法によって2値化した結果と同じになる。このような切り口で考えると、再生信号補償ユニット30は、優れた非線形等化器として捉えることができる。ここに示した波形等化器11を含む一般の波形等化器はFIR(Finite Impulse Response)フィルタの構成であり、信号と係数列の積和演算によって結果を得る。波形等化器の特性が周波数特性として定義されることが多いのはこのためである。FIRフィルタは線形応答をするので、例えば2T信号を増幅するような波形等化器を用いると、同時に2T信号の帯域のノイズも増幅してしまう。

#### 【0040】

一方、再生信号補償ユニット30内の処理では、積和演算を用いずに補償値を減ずるだけであるため、周波数特性が非線形であり、2T信号を増幅しても同じ帯域のノイズを増幅することがない。補償再生信号53のS/N比は、他のいかなるFIRフィルタを用いた波形等化器によるものよりも大きくすることが可能である。図1に示した各方式のS/N比の違いはこの効果によって生じたものであり、本発明は実効的に再生信号のS/N比を向上することができるため、大容量化が可能になると理解される。

#### 【0041】

図14は、本発明の本発明の補償再生信号を使って情報再生のためのクロックを得る方法を示すブロック図である。図中のデコードユニット10及び再生信号補償ユニット30の構成と動作は既に説明した。ここではクロックの生成の説明をする。

#### 【0042】

再生信号から情報を取り出して2値化するには基準となるクロックが必要であ

る。クロックはよく知られているようにPLL (Phase Locked Loop) によって生成されることが多い。記録容量が大きくなって、最小ランレングスの信号がほとんど分解できないような場合には、再生信号を直接PLLに接続してクロックを生成しようとする、最小ランレングスの信号のS/N比が小さいために生成されたクロックが不安定になる場合がある。また、再生信号に含まれるシフトはクロックを揺らがせる外乱となり、不安定要因になる。上に示したように、本発明の補償再生信号はS/N比の改善と非線形なシフトの補償能力があるため、補償再生信号をPLLに接続してクロックを生成すれば、安定性の改善効果が著しい。図のように、補償再生信号53をPLL18に接続してクロック54を生成すればよい。

#### 【 0 0 4 3 】

また、補償再生信号からクロックを生成する場合に限らず、最小ランレングスの信号のS/N比が低いことの対策として、PLL回路に最小ランレングスの信号を取り除いてクロックを生成する手段を設けてもよい。2 値化結果が得られているので、これを利用してPLL内のVCO (Voltage Controlled Oscillator) に送る位相誤差信号から、最小ランレングスのエッジ情報を取り除けばよい。最近ではデジタルPLLが広く普及しているので、簡単な論理回路の付加で上の方法が実現できる。図1から図5に示した実験結果は、最小ランレングスを除いてPLLを動作させたものである。生成されたクロック54はデコードユニット等に供給すればよい。PLLの内部構成については、よく知られているのでここでは説明しない。

#### 【 0 0 4 4 】

図15は、本発明の再生方法によって、最小ランレングスの異なる信号に対応するための方法を示すブロック図である。本実施例の構成は図12の構成にランレングス制限補償テーブル40を追加したものである。基本動作については説明済みなのでランレングス制限補償テーブル40の働きについてのみ述べる。基本概念を以下に再掲する。

- (1) 最小ランレングスの小さい方を基本方式に選択する。
- (2) 目標値として、ビット列とPRクラスの各係数との畳み込み演算で定まる値に、ビット列に応じた補償値を加えたものを用いる。
- (3) 最小ランレングスが小さい方を再生する場合は以上の条件を使う。

(4) 最小ランレングスが大きい方を再生する場合には、最小ランレングスが小さい方の目標値と当該目標値との差をビット列に応じた補償値として使う。同時に、ランレングス制限エラーになるビット列が必ずあるので、この補償値として、再生信号の振幅に対して十分大きな値（符号は正でも負でもよい）を用いることにより、目標値と信号との差を十分大きくして、実効的にランレングス制限を満足させる。

#### 【0045】

図中のランレングス制限補償テーブル40には、(4)の概念に従って生成した補償量をテーブル化したものを用いればよい。再生時には初めに、パターン補償テーブル16の初期値として、ランレングス制限補償テーブル40の値に設定すればよい。その後の動作は既に説明した内容と同じである。

#### 【0046】

1つだけ注意すべき点がある。それは、ランレングス制限エラーになるビット列の補償値である。ゴミの付着や媒体欠陥などのような極端に品質の悪い信号を再生する場合には、本方式でも再生エラーが発生する。多くはパス・マージが完了しない状況になる。すると2値化結果51がランレングスエラーのビット列を含む場合がある。この場合に、上に述べた学習処理を行うとランレングス制限エラーになるビット列の補償値が更新されてしまう。これを繰り返すと、やがて実効的なランレングス制限のエラー回避機能が失われてしまう。この状況を解決するためには、ランレングス制限エラーになるビット列に対応した補償値は、常に再生信号の振幅に対して十分大きな値（符号は正でも負でもよい）を保つようにすればよい。具体的には、学習結果53をパターン補償テーブル16に反映する場合に当該ビット列の補償値を更新しない制限を設けるか、更新後に当該ビットの補償値のみをランレングス制限補償テーブル40の値で上書きするようにすればよい。

#### 【0047】

図8は、ランレングス制限補償テーブルに設定する値を具体的に示したものである。基本方式として、最小ランレングス2Tの信号を補償PR(1,2,2,1)で再生する場合についてまとめてある。この方式で最小ランレングス3Tの信号をPR(3,4,4,3)で再生する場合には、各ビット列に対応して目標値の違いを吸収するようなR

LL補償値をランレングス制限補償テーブルに設定すれば良い。ビット列“0000”の場合には0.000を用い、ビット列“0001”の場合には-0.095を用いればよい。また、ビット列“0110”と“1001”はランレングス制限エラーとなるので、十分に大きな値を設定しなければならない。具体的な数値の目安としては再生信号振幅（この例では2）の2倍以上の値を用いることが望まれる。ここでは値を $\infty$ として表示している。

#### 【0048】

図16は、ランレングス制限補償テーブルに設定する値の別の具体例である。ここでは基本方式として補償PR(0,1,2,2,1,0)法を選択した場合についてまとめた。図の見方は上と同様であるので、特に説明は加えない。

本発明によって、ランレングスの異なる信号を再生する場合の効果を定量化するため、最小ランレングス2Tに対応した補償PR(1,2,2,1)法を基本方式にして、市販の4.7GB DVD-RAMディスクを再生した。

#### 【0049】

図17は、DVD-RAMディスクのタンジェンシャルチルトとビットエラー率の関係を測定した結果である。図に見られるように、従来のPR(1,2,2,1)を用いて、そのまま再生した場合には、ビットエラー率が $10^{-4}$ 以下にならない。一方、補償PR(1,2,2,1)法を基本として、図8に示す値を初期値として選択した場合には、ビットエラー率が $\pm 0.5$ 度以上の範囲で $10^{-4}$ 以下になる。このマージン量は、DVD-RAM用に構成された従来のPR(3,4,4,3)法と同等以上に広いものであり、本発明の効果が実証された。

#### 【0050】

図11から15の説明では、本発明のPRML方式の基本的なブロック構成と動作を説明した。実際に光ディスク装置や磁気ディスク装置に用いる場合には、図に示されていない周辺部品として必要なものが多い。例えば、再生ヘッドの信号のDC成分を抑圧するためのハイパスフィルター、周波数特性を改善するプリイコライザ及びローパスフィルター、振幅を一定化するためのオートゲインコントロール回路、当該信号をデジタル化するためのA/Dコンバータ等は、図11から図15に示した基本的なブロック構成の前に追加しなければならない。また、波形等化器の

出力からクロックを生成するPLL、欠陥、ヘッドクラッシュを検出して、PLL回路やAGC等の動作をホールドする欠陥対策機能等も必要である。こうした機能は広く一般に知られているものであり、当業者であれば容易に実装できるものであるから、ここでは特に説明を加えない。

#### 【0051】

図18は、本発明の光ディスク装置の構成の一例を示すものである。光ディスク媒体100はモータ162により回転される。光ヘッド130は光発生手段131、集光手段132、光検出手段133から構成され、サーボメカ制御手段160内の自動位置制御手段161によって光ディスク媒体100の半径方向の任意の位置に位置決めされる。光強度制御手段171は中央制御手段151から指令された光強度になるように光発生手段131を制御して光122を発生させる。光122は集光手段132によって集光され、光スポット101を光ディスク媒体100上に形成する。集光手段132は自動位置制御手段161によってフォーカス動作とトラッキング動作を行う。光スポット101からの反射光123は光検出手段133で電気信号に変換され再生信号となる。

#### 【0052】

再生手段190は、再生信号を用いて、光ディスク媒体上に記録されたコード情報やアドレス情報などを再生する。上に示した本発明の情報再生方法を実現する機能は再生手段190に内蔵される。これには図11から図15に示したブロック図の構成をLSIに実装したものを用いればよい。

#### 【0053】

本発明の他の態様を以下に示す。

- (1) 複数のクラスビットを組み合わせた組合せクラスビットと、マーク／スペースを区別するための補償ビットとを組み合わせたPRMLを用い、信号波形の非線形シフトを補償して、情報を再生することを特徴とする情報再生方法。
- (2) 連続するN時刻の再生信号を目標信号と比較しながら最も確からしい状態遷移を選択していくことにより、前記再生信号を2値化するPRML法を用いた情報再生方法において、

前記PRML法を $PR(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)ML$ と表わしたとき、

前記目標信号として、N個の係数値 $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$ とNビットのディ

デジタルビット列との畳み込み演算で求めた初期の目標レベル  $V_1$  に、 $N$  ビットのデジタルビット列の値に対応した  $2^N$  個以下の補償値  $V_2$  を加算したものをを用いる工程と、

前記再生信号を前記目標値 ( $V_1 + V_2$ ) と比較しながら、最も確からしいビット列に 2 値化する工程と、

2 値化されたビット列から  $N$  ビットごとに補償値  $V_2$  を算出し、前記再生信号から減ずることによって、補償された再生信号を得る工程を含むことを特徴とする情報再生方法。

(3) PRML 法を用いて再生信号から二値化結果を出力する情報再生装置において、

最小ランレングス  $R_1$  ( $R_1 \geq 1$ ) に対応した状態遷移論理を持ち、

$N$  ビットのビット列に対応した PR クラスの目標値を出力する PR 目標値出力部と、

$M$  ( $M \geq N$ ) ビットのビット列に対応したパターン補償値を格納した補償テーブルと、

再生信号を等化処理する波形等化器と、

前記波形等化器の出力に対し、前記 PR 目標値出力部から出力された PR 目標値と前記パターン補償テーブルに格納された補償値を加算したものを目標値として、ビット列ごとにブランチ・メトリック値を算出するブランチ・メトリック計算ユニットとを含んだ情報再生装置であって、

最小ランレングス  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ) のランレングス制限信号を再生する場合に、

前記パターン補償テーブルに内蔵されるパターン補償値のうち、少なくともランレングスが  $R_2$  未満のビット列に対応したパターン補償値に前記 PR 目標値出力部の出力の最大値に比較して十分大きな値、もしくは前記 PR 目標値出力部の出力の最小値に比較して十分小さな値を設定することによって、実効的に最小ランレングス  $R_2$  に対応して前記再生信号を二値化することを特徴とする情報再生装置。

【0054】



**【発明の効果】**

以上説明したように、本発明の情報再生方法及びそれを用いた光ディスク装置によって、大幅な大容量化への対応が可能となり、また最小ランレングスの異なる信号への対応が可能になる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の情報再生方法の基本概念を示す図。

**【図 2】**

PRクラスが $(1+D)^n$ 系列に対して、記録容量とビットエラー率の関係を示す実験結果の図。

**【図 3】**

PRクラスが $(1, 2, \dots, 2, 1)$ 系列に対して、記録容量とビットエラー率の関係を示す実験結果の図。

**【図 4】**

PRクラスがインパルスレスポンス近似系列に対して、記録容量とビットエラー率の関係を示す実験結果の図。

**【図 5】**

本発明と従来方式とで、大容量化性能の違いを示す実験結果の図。

**【図 6】**

RLL(1, 7)変調（最小ランレングス $2T$ ）の信号をPRクラスPR(1, 2, 2, 1)により再生する場合のビット列と目標値の関係を示す図。

**【図 7】**

RLL(2, 10)変調（最小ランレングス $3T$ ）の信号をPRクラスPR(3, 4, 4, 3)により再生する場合のビット列と目標値の関係を示す図。

**【図 8】**

本発明の最小ランレングス $2T$ 用補償PR(1, 2, 2, 1)方式によって、最小ランレングス $3T$ の信号を再生する場合のランレングス制限補償テーブルに設定値をまとめた図。

**【図 9】**

従来の補償PR(1, 2, 2, 1)方式対する初期目標値, 補償値, 補償目標値をまとめた図。

【図 10】

本発明の補償PR(0, 1, 2, 2, 1, 0)方式に対する初期目標値, 補償値, 補償目標値をまとめた図。

【図 11】

本発明の基本方式を示すブロック図。

【図 12】

本発明の補償値を再生信号の中から抽出する学習方法を示すブロック図。

【図 13】

本発明の補償再生信号を得る方法を示すブロック図。

【図 14】

本発明の補償再生信号を使って情報再生のためのクロック得る方法を示すブロック図。

【図 15】

本発明の再生方法によって, 最小ランレングスのことなる信号に対応するための方法を示すブロック図。

【図 16】

本発明の最小ランレングス2T用補償PR(0, 1, 2, 2, 1, 0)方式によって, 最小ランレングス3Tの信号を再生する場合のランレングス制限補償テーブルに設定値をまとめた図。

【図 17】

本発明を用いて, DVD-RAMディスクのタンジェンシャルチルトとビットエラー率の関係を測定した結果示す図。

【図 18】

本発明の光ディスク装置の構成を示す概略図。

【符号の説明】

10 デコードユニット

11 波形等化器

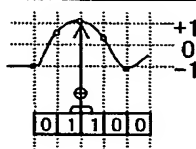
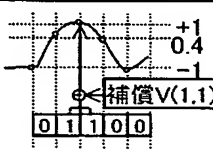
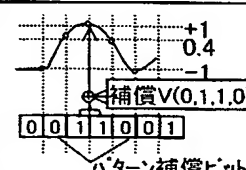
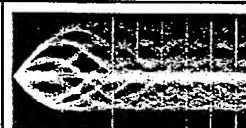

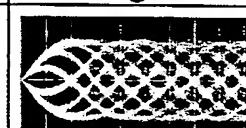
- 1 2 ブランチ・メトリック計算ユニット
- 1 3 ACS(Add Select Compare)ユニット
- 1 4 パス・メモリ
- 1 5 PR目標テーブル
- 1 6 パターン補償テーブル
- 2 0 補償テーブル学習ユニット
- 2 1 目標計算ユニット
- 2 2 誤差算出及び平均化ユニット
- 3 0 再生信号補償ユニット
- 3 1 補償演算器
- 3 2 D/Aコンバータ
- 4 0 制限補償テーブル
- 5 0 再生信号
- 5 1 2値化結果
- 5 2 誤差量のテーブル値
- 5 3 補償再生信号
- 5 4 クロック
- 1 0 0 光ディスク媒体
- 1 0 1 光スポット
- 1 2 2 光
- 1 2 3 反射光
- 1 3 0 光ヘッド
- 1 3 1 光発生手段
- 1 3 2 集光手段
- 1 5 1 中央制御手段
- 1 6 0 サーボメカ制御手段
- 1 6 1 自動位置制御手段
- 1 6 2 モータ光ディスク媒体
- 1 7 1 光強度制御手段

1 9 0 再生手段

【書類名】 図面

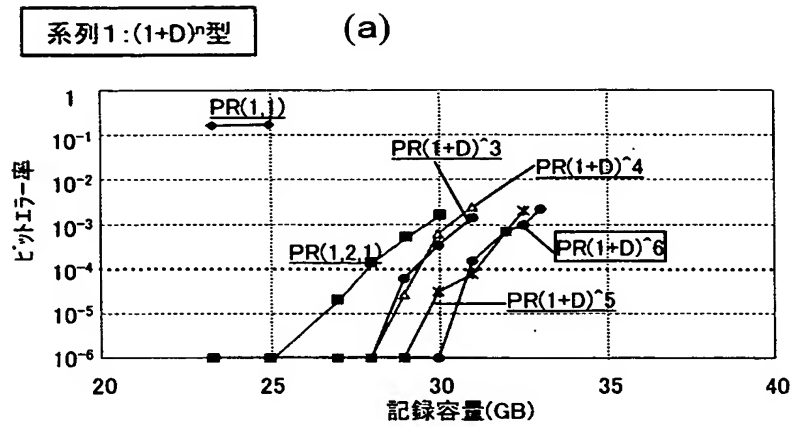
【図 1】

図 1

	方式1	方式2	本方式
特 徴	・コンベンショナル	・アシンメトリを補償	・非線形シフトを補償
構成例 PR(1,1)			
レベルの数	3	3	3
パターン補償ビット	0	0	2(=1+1)
補償値Vの数	0	4(=2 <sup>2</sup> )	16(=2 <sup>4</sup> )
対 応	アシンメトリ	×	○
	符号間干渉	×	○
実験結果 Tw=57nm 100Mbps			
	ビットエラー率=50 x 10 <sup>-4</sup> 2T S/N比=3.6dB	ビットエラー率=15 x 10 <sup>-4</sup> 2T S/N比=6.1dB	ビットエラー率<0.05 x 10 <sup>-4</sup> 2T S/N比=9.5dB

【図 2】

図2

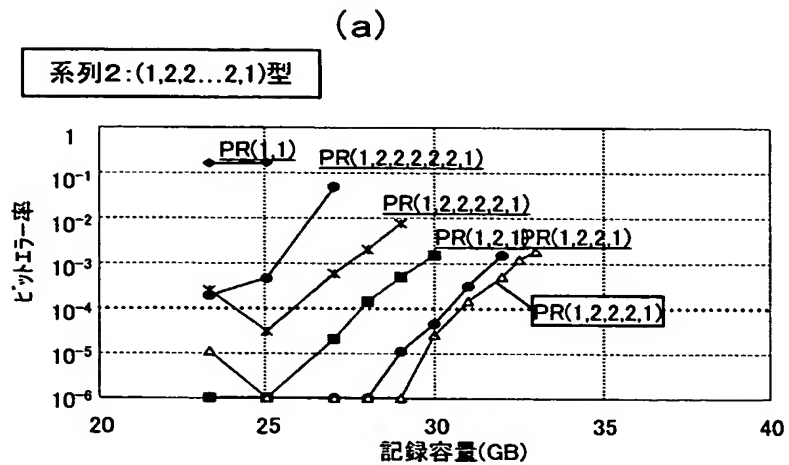


(b)

クラスビット	クラス表現	ビットアレイ	スタート数	レベル数	容量(GB)
2	(1,1)	4	2	3	<<23
3	(1,2,1)	6	4	4	<28
4	(1,3,3,1)	10	6	7	<29
5	(1+D) <sup>4</sup>	16	10	10	<29
6	(1+D) <sup>5</sup>	26	16	15	<31
7	(1+D) <sup>6</sup>	42	26	22	<31

【図 3】

図3



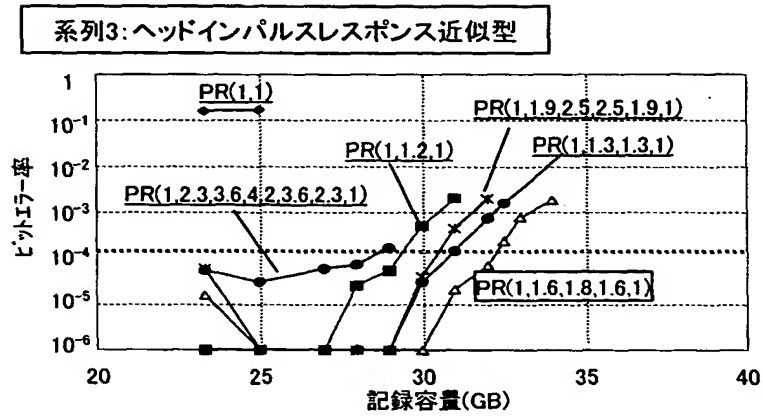
(b)

クラスビット	クラス表現	ビットアレイ	ステート数	レベル数	容量(GB)
2	(1,1)	4	3	3	<<23
3	(1,2,1)	6	4	4	<28
4	(1,2,2,1)	10	6	7	<30
5	(1,2,2,2,1)	16	10	9	<31
6	(1,2,2,2,2,1)	26	16	11	<25
7	(1,2,2,2,2,2,1)	42	26	13	<23

【図 4】

図 4

(a)



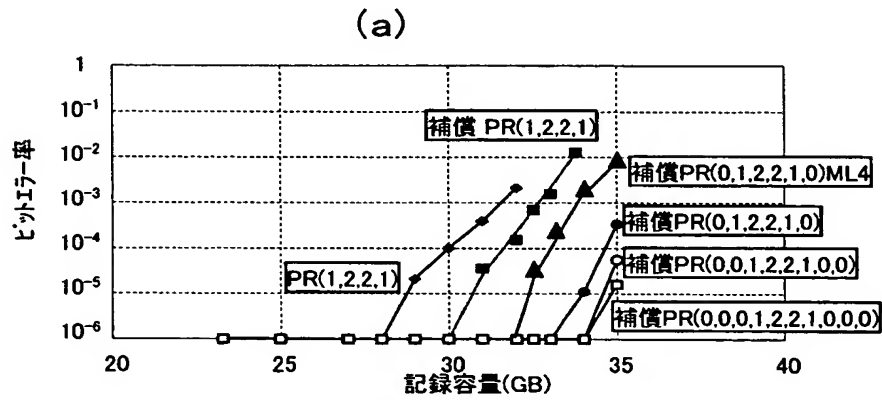
(b)

クラスビット	クラス表現	ビットアレイ	ステート数	レベル数	容量(GB)
2	(1,1)	4	3	3	<<23
3	(1,1,2,1)	6	4	4	<28
4	(1,1,3,1,3,1)	10	6	7	<31
5	(1,1,6,1,8,1,6,1)	16	10	10	<32
6	(1,1,9,2,5,...)	26	16	15	<30
7	(1,2,3,3,6,...)	42	26	22	<27



【図 5】

図5



(b)

クラス表現	ビット列数	ステート数	レベル数	補償ビット	MLビット
PR(1,2,2,1)	10	6	7	0	4
補償 PR(1,2,2,1)	10	6	10	4	4
補償PR(0,1,2,2,1,0)ML4	26	6	26	6	4
補償PR(0,1,2,2,1,0)	26	16	26	6	6
補償PR(0,0,1,2,2,1,0,0)	68	42	68	8	8
補償PR(0,0,0,1,2,2,1,0,0,0)	178	110	178	10	10

【図 6】

図6

(a)

RLL(1,7)  
PR(1,2,2,1)  
Mark=LowLevel

No.	Bit array	Target Level	RLL Error
0	0 0 0 0	1.00	
1	0 0 0 1	0.67	
2	0 0 1 0	0.33	×
3	0 0 1 1	0.00	
4	0 1 0 0	0.33	×
5	0 1 0 1	0.00	×
6	0 1 1 0	-0.33	
7	0 1 1 1	-0.67	
8	1 0 0 0	0.67	
9	1 0 0 1	0.33	
10	1 0 1 0	0.00	×
11	1 0 1 1	-0.33	×
12	1 1 0 0	0.00	
13	1 1 0 1	-0.33	×
14	1 1 1 0	-0.67	
15	1 1 1 1	-1.00	

(b)

Bit Array Num = 10  
State Num = 6  
Target Level Num = 7

No.	Bit array	Target Level
0	0 0 0 0	1.00
1	0 0 0 1	0.67
2	0 0 1 1	0.00
3	0 1 1 0	-0.33
4	0 1 1 1	-0.67
5	1 0 0 0	0.67
6	1 0 0 1	0.33
7	1 1 0 0	0.00
8	1 1 1 0	-0.67
9	1 1 1 1	-1.00

【図 7】

図 7

(a)

RLL(2,10)  
PR(3,4,4,3)  
Mark=LowLevel

No.	Bit array	Target Level	RLL Error
0	0 0 0 0	1.00	
1	0 0 0 1	0.57	
2	0 0 1 0	0.43	×
3	0 0 1 1	0.00	
4	0 1 0 0	0.43	×
5	0 1 0 1	0.00	×
6	0 1 1 0	-0.14	×
7	0 1 1 1	-0.57	
8	1 0 0 0	0.57	
9	1 0 0 1	0.14	×
10	1 0 1 0	0.00	×
11	1 0 1 1	-0.43	×
12	1 1 0 0	0.00	
13	1 1 0 1	-0.43	×
14	1 1 1 0	-0.57	
15	1 1 1 1	-1.00	

(b)

Bit Array Num = 8  
State Num = 6  
Target Level Num = 5

No.	Bit array	Target Level
0	0 0 0 0	1.00
1	0 0 0 1	0.57
2	0 0 1 1	0.00
3	0 1 1 1	-0.57
4	1 0 0 0	0.57
5	1 1 0 0	0.00
6	1 1 1 0	-0.57
7	1 1 1 1	-1.00

【図 8】

図 8

RLL(1,7) 補償PR(1,2,2,1) Mark=LowLevel					
No.	ビット列	RLL(1,7) PR(1,2,2,1)	RLL(2,10) PR(3,4,4,3)		
		初期目標	初期目標	RLLエラー	RLL補償量
0	0 0 0 0 0	1.000	1.000		0.000
1	0 0 0 0 1	0.667	0.571		-0.095
2	0 0 1 1 1	0.000	0.000		0.000
3	0 1 1 1 0	-0.333	-0.143	×	∞
4	0 1 1 1 1	-0.667	-0.571		0.095
5	1 0 0 0 0	0.667	0.571		-0.095
6	1 0 0 0 1	0.333	0.143	×	∞
7	1 1 0 0 0	0.000	0.000		0.000
8	1 1 1 1 0	-0.667	-0.571		0.095
9	1 1 1 1 1	-1.000	-1.000		0.000

【図 9】

図 9

RLL(1,7) 補償PR(1,2,2,1) Mark=LowLevel				
No.	ビット列	初期目標	補償値	補償目標値
0	0 0 0 0 0	1.000	0.180	1.18
1	0 0 0 0 1	0.667	-0.145	0.52
2	0 0 1 1 1	0.000	-0.051	-0.05
3	0 1 1 1 0	-0.333	0.276	-0.06
4	0 1 1 1 1	-0.667	0.094	-0.57
5	1 0 0 0 0	0.667	-0.145	0.52
6	1 0 0 0 1	0.333	-0.372	-0.04
7	1 1 0 0 0	0.000	-0.050	-0.05
8	1 1 1 1 0	-0.667	0.076	-0.59
9	1 1 1 1 1	-1.000	0.090	-0.91

【図 10】

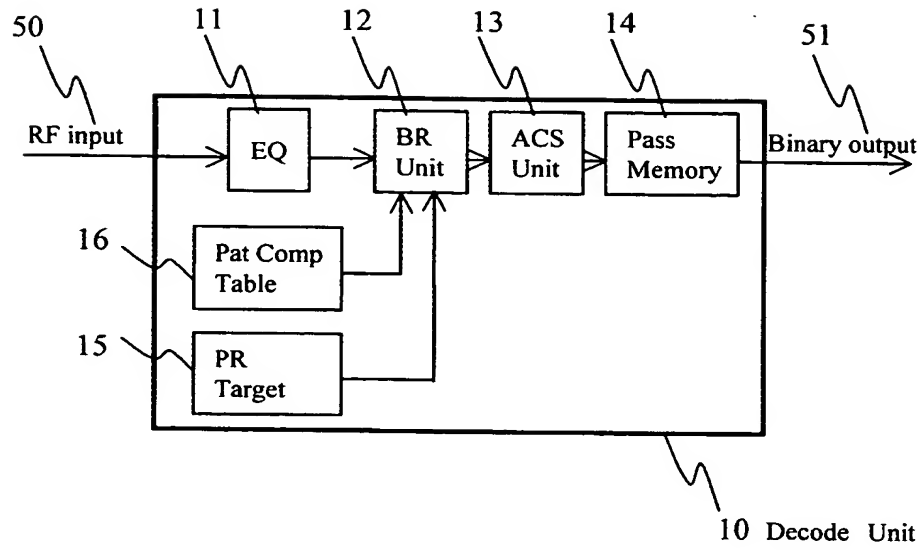
図 10

RLL(1,7)  
補償PR(0,1,2,2,1,0)  
Mark=LowLevel

No.	ビット列			初期目標 PR(1,2,2,1)	補償量 (6ビット)	補償目標値
	補 償	PR(1,2,2,1)	補 償			
0	0	0 0 0 0	0	1.00	0.494	1.494
1	0	0 0 0 0	1	1.00	0.203	1.203
2	0	0 0 0 1	1	0.67	-0.026	0.641
3	0	0 0 1 1	0	0.00	0.129	0.129
4	0	0 0 1 1	1	0.00	-0.056	-0.056
5	0	0 1 1 0	0	-0.33	0.276	-0.057
6	0	0 1 1 1	0	-0.67	0.128	-0.539
7	0	0 1 1 1	1	-0.67	0.077	-0.590
8	0	1 1 0 0	0	0.00	0.133	0.133
9	0	1 1 0 0	1	0.00	-0.019	-0.019
10	0	1 1 1 0	0	-0.67	0.137	-0.530
11	0	1 1 1 1	0	-1.00	0.121	-0.879
12	0	1 1 1 1	1	-1.00	0.118	-0.882
13	1	0 0 0 0	0	1.00	0.494	1.494
14	1	0 0 0 0	1	1.00	0.203	1.203
15	1	0 0 0 1	1	0.67	-0.026	0.641
16	1	0 0 1 1	0	0.00	0.129	0.129
17	1	0 0 1 1	1	0.00	-0.056	-0.056
18	1	1 0 0 0	0	0.67	-0.145	0.522
19	1	1 0 0 0	1	0.67	-0.145	0.522
20	1	1 0 0 1	1	0.33	-0.372	-0.039
21	1	1 1 0 0	0	0.00	0.133	0.133
22	1	1 1 0 0	1	0.00	-0.019	-0.019
23	1	1 1 1 0	0	-0.67	0.137	-0.530
24	1	1 1 1 1	0	-1.00	0.121	-0.879
25	1	1 1 1 1	1	-1.00	0.118	-0.882

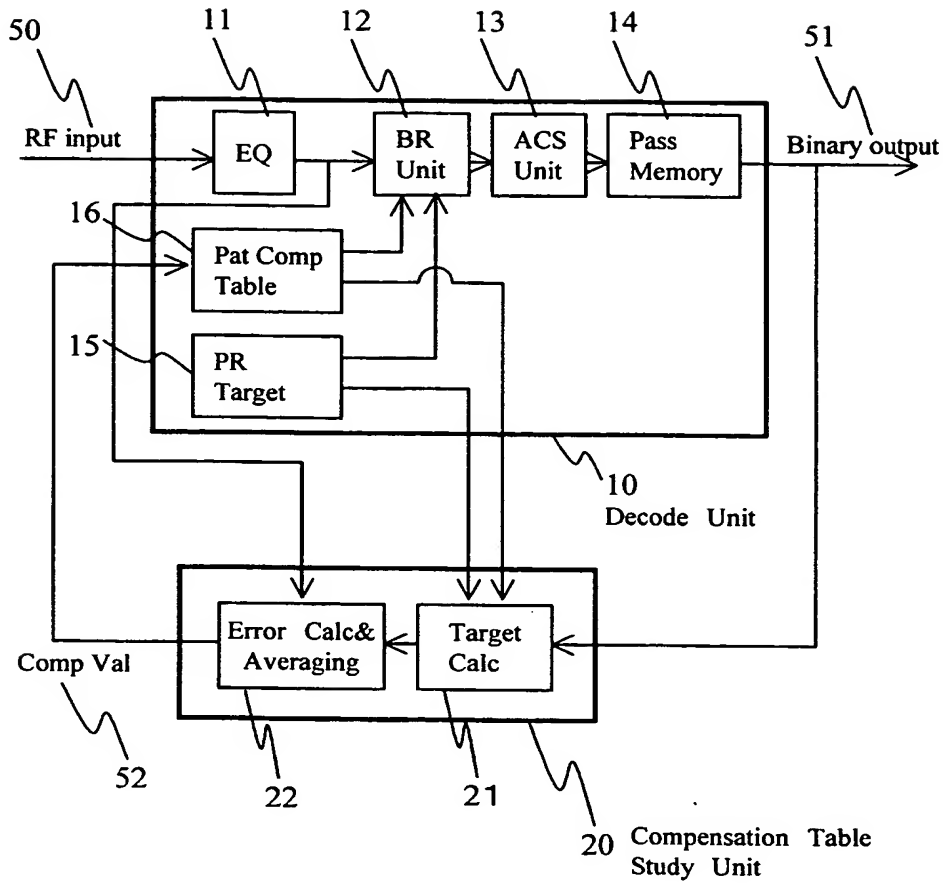
【図 11】

図 11



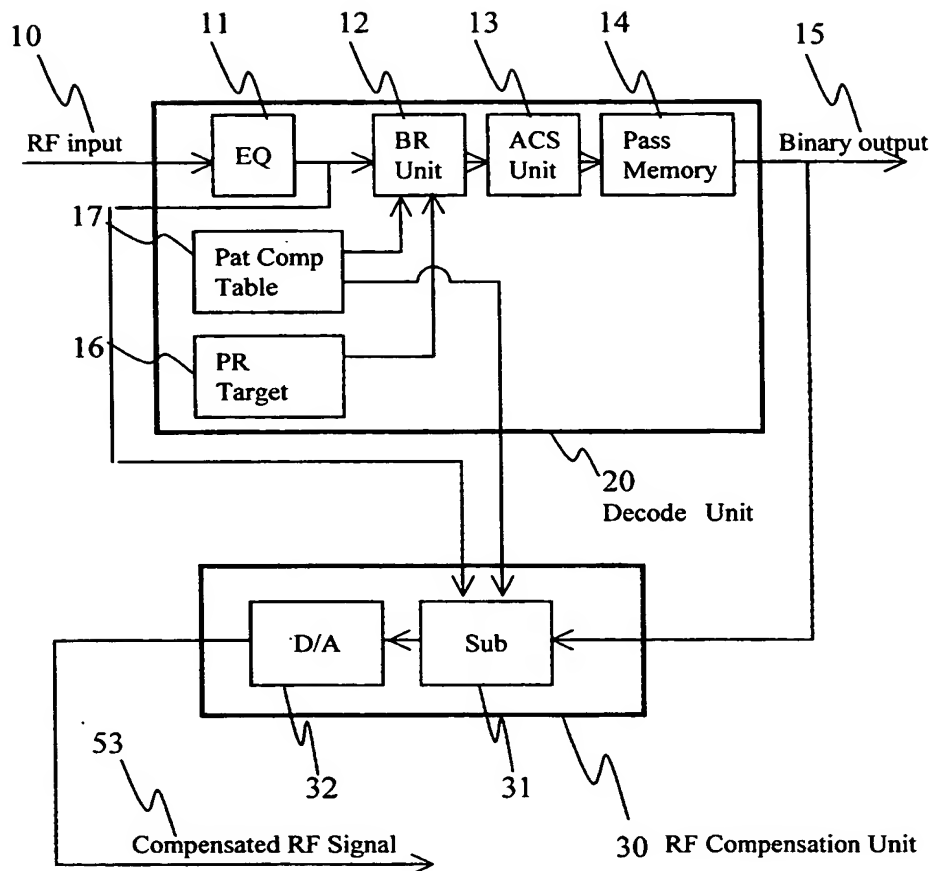
【図 12】

図12



【図 13】

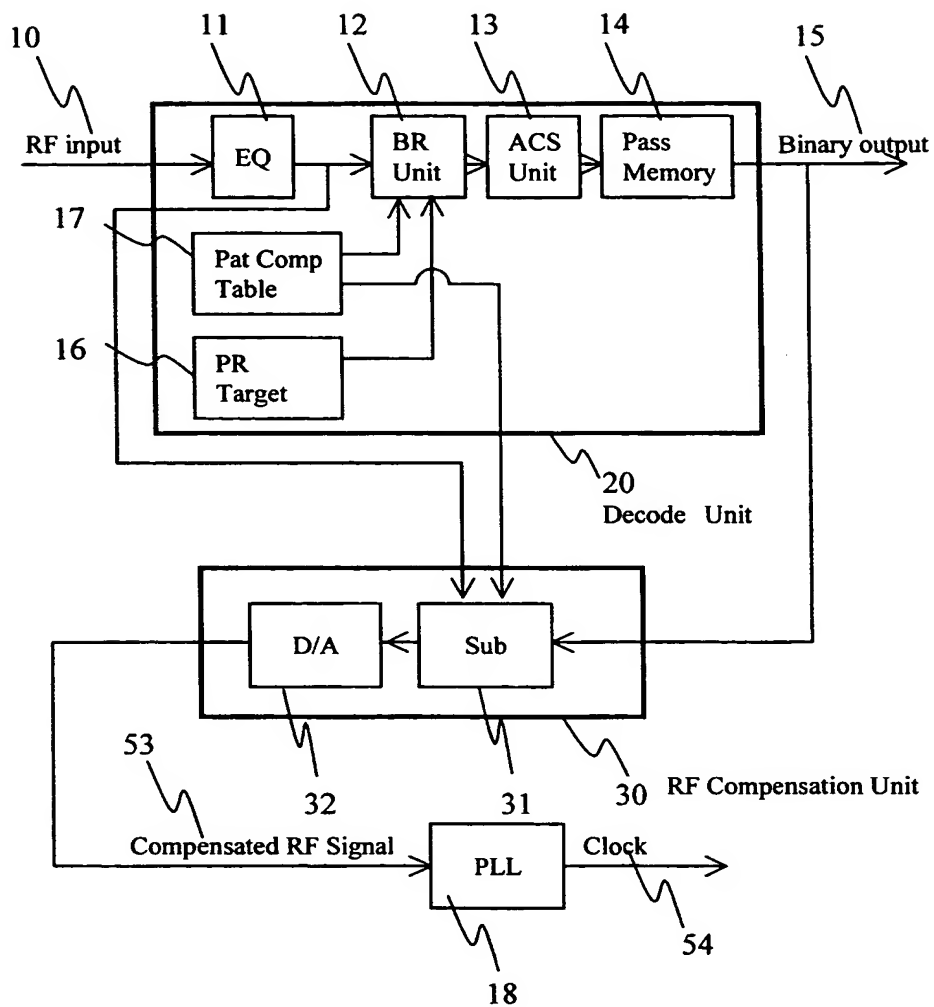
図13





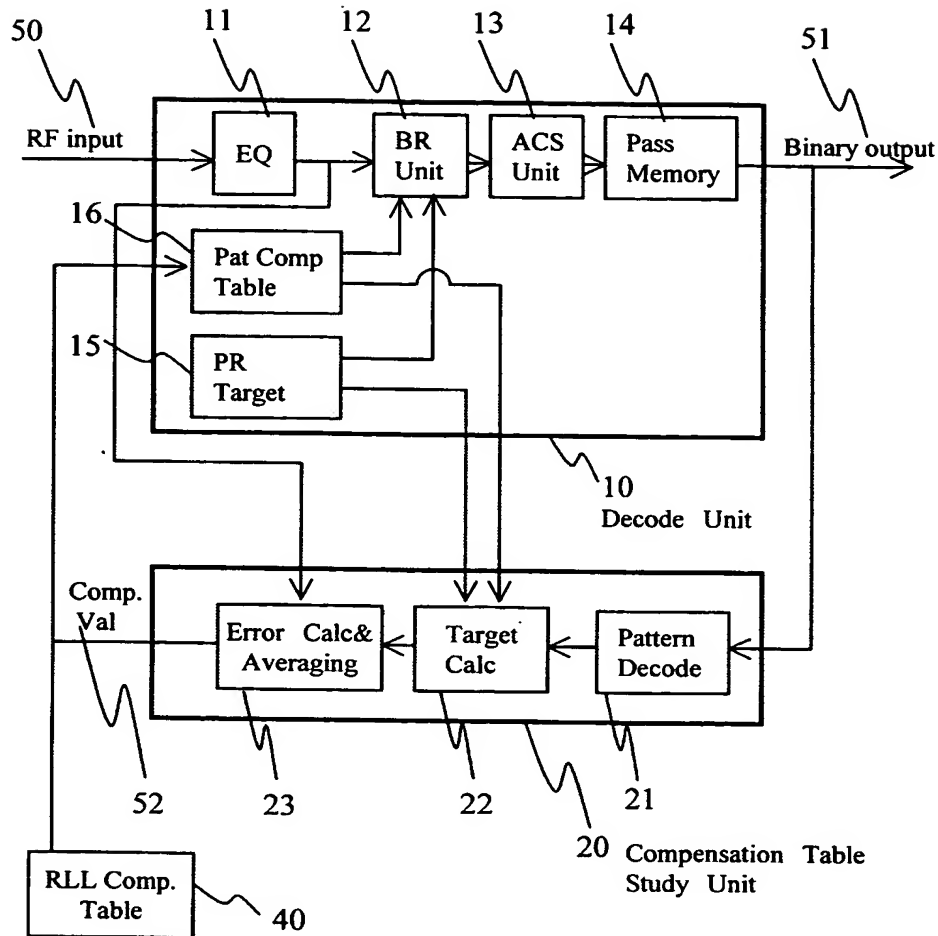
【図 14】

図 14



【図 15】

図15



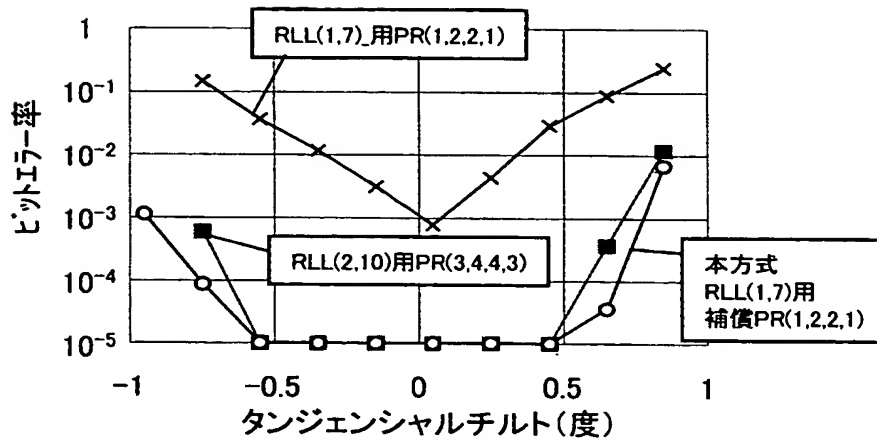
【図 16】

図 16

RLL(1,7) 補償PR(0,1,2,2,1,0) Mark=LowLevel											
No.	ビット列						RLL(1,7) 補償PR(0,1,2,2,1,0)		RLL(2,10) PR(3,4,4,3)		
							初期目標	補償量	初期目標	RLLエラー	RLL補償
0	0	0	0	0	0	0	1.000	a	1.000		0.000
1	0	0	0	0	0	1	1.000	b	1.000		0.000
2	0	0	0	0	1	1	0.667	c	0.571		0.095
3	0	0	0	1	1	0	0.000	d	0.000	x	∞
4	0	0	0	1	1	1	0.000	e	0.000		0.000
5	0	0	1	1	0	0	-0.333	f	-0.143	x	∞
6	0	0	1	1	1	0	-0.667	g	-0.571		-0.095
7	0	0	1	1	1	1	-0.667	h	-0.571		-0.095
8	0	1	1	0	0	0	0.000	i	0.000	x	∞
9	0	1	1	0	0	1	0.000	j	0.000	x	∞
10	0	1	1	1	0	0	-0.667	k	-0.571		-0.095
11	0	1	1	1	1	0	-1.000	l	-1.000		0.000
12	0	1	1	1	1	1	-1.000	m	-1.000		0.000
13	1	0	0	0	0	0	1.000	n	1.000		0.000
14	1	0	0	0	0	1	1.000	o	1.000		0.000
15	1	0	0	0	1	1	0.667	p	0.571		0.095
16	1	0	0	1	1	0	0.000	q	0.000	x	∞
17	1	0	0	1	1	1	0.000	r	0.000	x	∞
18	1	1	0	0	0	0	0.667	s	0.571		0.095
19	1	1	0	0	0	1	0.667	t	0.571		0.095
20	1	1	0	0	1	1	0.333	u	0.143	x	∞
21	1	1	1	0	0	0	0.000	v	0.000		0.000
22	1	1	1	0	0	1	0.000	w	0.000	x	∞
23	1	1	1	1	0	0	-0.667	x	-0.571		-0.095
24	1	1	1	1	1	0	-1.000	y	-1.000		0.000
25	1	1	1	1	1	1	-1.000	z	-1.000		0.000

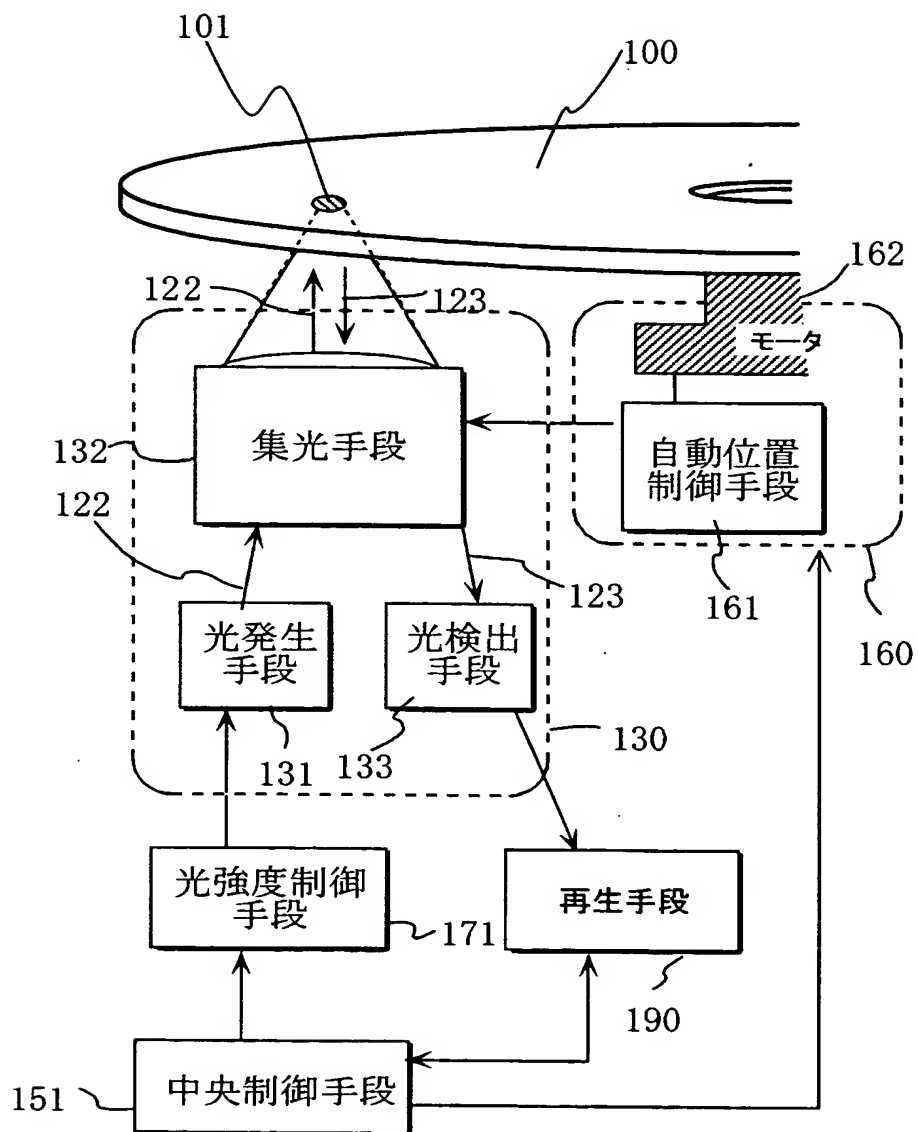
【図 17】

図17



【図 18】

図18



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大容量化と最小ランレングスの異なる信号への対応を可能にする情報再生方法及びそれを用いた光ディスク装置を提供する。

【解決手段】  $NN$ ビットの畳み込み演算で定まる目標値に対して、 $N$  ( $N > NN$ ) ビットのビット列に応じた補償量を加えて目標値を定め、これと再生信号を比較しながら、 $N$ ビットのビット列の中から最も確からしい、すなわち再生信号と目標値の誤差が最小になるビット列に2値化するPRML方式を用いる。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 1 5 8 7 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日  
[変更理由]  
住 所  
氏 名

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日  
新規登録  
東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地  
株式会社日立製作所